低海拔异地育肥牦牛与本地杂交肉牛（秦川×西门塔尔）在不同非蛋白氮水平饲粮条件下血液生理生化指标及生长性能的差异

张娇娇[1]　闫　琦[1]　刘培培[1]　李珊珊[2]　王惟惟[2]　白彦福[2]　丁路明[1*]

（1.兰州大学生命科学学院，草地农业生态系统国家重点实验室，兰州 730000；2.兰州大学草地农业科技学院，草地农业生态系统国家重点实验室，兰州 730000）

摘　要：为探究异地育肥牦牛模式，本试验对比了本地杂交肉牛（秦川×西门塔尔）在同等条件下血液生理生化指标和生长性能的差异。将体重相近的 8 头 1 岁本地杂交肉牛（秦川×西门塔尔）和 8 头 4 岁青海牦牛各分为 2 组，每组 4 头，同一品种的 2 组试验牛分别饲喂低非蛋白氮饲粮[LNPN，饲粮中缓释尿素添加量为 1.0%（干物质基础）]和高非蛋白氮饲粮[HNPN，饲粮中缓释尿素添加量为 1.5%（干物质基础）]。预试期 10 d，正试期 50 d。结果发现：牦牛与肉牛均在 LNPN 条件下表现出最高的平均日采食量和最小的料重比。饲粮非蛋白氮水平未对牦牛与肉牛的血常规指标造成显著影响（P<0.05），但是牦牛在各饲粮条件下（Gran#）、平均红细胞体积（MCV）、平均红细胞血红蛋白含量（MCH）、红细胞分布宽度标准差（RDW-SD）、平均血小板体积（MPV）和血小板分布宽度（PDW）显著高于肉牛

收稿日期:2017-04-08

基金项目:国家重点研发计划（2016YFC0501805）；青海省重点实验室专项（2013-Z-Y03）；基金委国际合作项目（31661143020）；甘肃省重大科技专项计划项目（1502NKDA005-3）；兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金（lzujbky-2016-br01，lzujbky-2016-94，lzujbky-2016-ct11）。

作者简介:张娇娇（1992-），女，河南开封人，硕士研究生，研究方向为反刍动物营养。E-mail: zhangjj15@lzu.edu.cn

*通信作者:丁路明，副教授，硕士生导师，E-mail: dinglm@lzu.edu.cn

（P<0.05），而平均红细胞血红蛋白浓度（MCHC）和血小板数目（PLT）显著低于肉牛（P<0.05）。饲粮非蛋白氮水平未对肉牛和牦牛各项血清生化指标产生显著影响（P>0.05）。牦牛在各饲粮条件下血清总蛋白（TP）、尿素氮（UN）、肌酐（GREA）、免疫球蛋白 A(IgA)、免疫球蛋白 MIg(M)和免疫球蛋白 G(IgG)水平均显著高于肉牛（P<0.05）。牦牛在 HNPN 条件下的血清 ALB 水平显著低于 LNPN 条件下（P<0.05）。本试验结果表明，在肉牛和牦牛育肥饲粮中添加 1.0%的缓释尿素替代饲料蛋白质是可行的；低海拔异地育肥牦牛不会对牦牛健康产生不利影响。

关键词：非蛋白氮；肉牛；牦牛；血液生理生化指标；异地育肥；生长性能

中图分类号：S816　　　　　　文献标识码：A　　　　　　文章编号：

牦牛是青藏高原高寒地区的特有牛种，主要产于中国青藏高原海拔 3 000 m 以上、年均气温 0 ℃以下地区，是高原地区牧民的主要家畜和经济来源，由于高原牧区气候寒冷，牧草生长期不足 5 个月，而枯草期长达 7 个月之久，造成草畜失衡严重，而且由于冬春季饲草缺乏，加之气候恶劣，牦牛需要消耗大量营养和能量以抵御冬春严寒缺草的严酷自然条件，导致掉膘严重，甚至死亡。探索在冬春草原牧草缺乏的季节将牛、羊转移到低海拔农区，进行短期异地育肥，不仅可以利用农区大量的农作物秸秆等饲料资源，而且农区气温较高原温和，具备较好的圈舍条件。早在 1995 年边守义等[1]就做了高寒牧区牦牛到低海拔异地育肥试验，证明冷季牦牛到低海拔地区进行异地育肥是可行的，能使牦牛提前 1～2 岁出栏。崔晓琴等[2]对临夏地区藏羊异地育肥的试验也证明异地育肥对藏羊增重效果显著。唐永昌[3]对农牧交错区牛、羊异地育肥模式调查发现“牧区繁殖、农区育肥、城市销售”的异地育肥模式能为地区经济带来巨大的经济效益。非蛋白氮（NPN）作为廉价的反刍家畜饲料氮源已被广泛地应用于肉牛添加剂，利用 NPN 代替部分蛋白质饲料可极大地降低养殖成本，节约蛋白质饲料，提高出栏率。因此，探索在肉牛与异地育肥牦牛饲粮中添加 NPN 代替部分蛋白质饲料的可行性和适宜添加量能够降低饲养成本，提高饲养效率。同时，通过研究添加不同

比例 NPN 饲粮对育肥牦牛和肉牛血液生理生化指标和生长性能的影响，可以明晰不同 NPN 添加量对牦牛和肉牛生长代谢的影响和适宜的 NPN 添加量，并明确添加 NPN 饲粮应用于育肥肉牛和异地育肥牦牛的可行性。

1　材料与方法

1.1　试验时间与地点

试验于 2016 年 11 月 6 日至 2017 年 1 月 4 日在甘肃省定西市富来家畜养殖有限责任公司（北纬 35°07′34″，东经 104°59′23″，海拔 1 899 m）进行，该地区属于中温带半干旱区，年均气温 5.7~7.7 ℃，无霜期 122~160 d，年均降雨量 350~600 mm。

1.2　试验动物及饲养管理

本试验采用双因素交叉试验设计，选取 8 头体重相近[（230±30） kg]的 1 岁杂交肉牛（秦川×西门塔尔），分成 2 组，每组 4 头，分别饲喂添加不同比例缓释尿素的饲粮：低 NPN 饲粮（LNPN），饲粮中缓释尿素添加量为 1.0%（干物质基础）；高 NPN 饲粮（HNPN），饲粮中缓释尿素添加量为 1.5%（干物质基础）。同时选取 8 头体重相近[（230±30） kg]的 4 岁青海牦牛，分成 2 组，每组 4 头，分别饲喂 LNPN 和 HNPN。牦牛于试验前 1 个月从青海省大通县（海拔 3 360 m）运到试验地进行适应。试验饲粮设置相同的能氮水平，按照 NRC（2001）推荐的肉牛营养需求调制饲粮配方，饲粮组成及营养水平见表 1。牦牛与肉牛的日饲喂量根据体重和 NRC（2001）的推荐营养需要量计算并确保每天有少量剩余饲粮。试验牛单槽饲养，自由采食和饮水，饲喂方式为现配现喂，精粗料混合，于每日 07:00 和 18:00 分 2 次饲喂。正试期每日晨饲前清理前 1 天的剩料用于测定采食量。试验用缓释尿素产品为河北兴牧农产品科技有限公司生产的含氮量 33%的混合型饲料添加缓释尿素，该产品使用玉米淀粉和尿素凝固剂达到缓释效果（缓释度为 65°）。试验用青贮饲料为定西市富来家畜养殖合作社窖贮的甜高粱。本试验预试期 10 d，正试期 50 d，试验开始后对试验牛及牛舍进行定期驱虫及消毒处理。

1.3 血液及饲料样品的采集与分析

分别于试验第 1 天、第 25 天、第 50 天晨饲前对试验牛尾静脉采集血样并称重，血样采集使用江苏康健医疗用品有限公司生产的抗凝采血管[含乙二胺四乙酸二钾(EDTA-K_2)]和真空采血管，血液注入抗凝采血管后立即上下颠倒 4~5 次，使抗凝剂与血液充分混合，防止血液凝固，常温放置，4 h 内进行血常规分析。使用全自动血液分析仪（迈瑞 BC-3000plus）检测血液中白细胞数目（WBC）、淋巴细胞数目（LYMPH#）、中间细胞数目（Mid#）、中性粒细胞数目（Gran#）、淋巴细胞百分比（LYMPH%）、中间细胞百分比（Mid%）、中性粒细胞百分比（Gran%）、血红蛋白浓度（HGB）、红细胞数目（RBC）、红细胞压积（HCT）、平均红细胞体积(MCV)、平均红细胞血红蛋白含量(MCH)、平均红细胞血红蛋白浓度(MCHC)、红细胞分布宽度变异系数（RDW-CV）、红细胞分布宽度标准差（RDW-SD）、血小板数目（PLT）、平均血小板体积（MPV）、血小板分布宽度（PDW）、血小板压积（PCT）。真空采血管血样采集后立即在 1 800×*g* 的条件下离心 15 min，取上清液于 1.5 mL 离心管中，-80 ℃条件下保存，试验血清样品送至北京华英生物技术研究所采用酶联免疫法分析血清胰岛素（INS）和生长激素（GH）水平，采用比色法分析血清总蛋白（TP）、白蛋白（ALB）、球蛋白（GLB）、尿素氮（UN）、葡萄糖（GLU）、游离脂肪酸（FFA）、肌酐（CREA）、免疫球蛋白 A（IgA）、免疫球蛋白 G（IgG）、免疫球蛋白 M（IgM）水平。

正试期开始后每周五 09:00 使用电子温度计测量试验牛直肠温度。每 2 周取 1 次饲粮样品，在鼓风干燥箱中 65 ℃烘 48 h，粉碎过 1 mm 筛，参照 AOAC（1990）[4]的方法测定粮样品的干物质（DM）、粗蛋白质（CP）、粗灰分（Ash）含量。参照 Van Soest 等[5]的方法，使用纤维仪（ANKOM-2000i，美国）测定饲粮样品的中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量，NDF 含量测定时不使用热稳定的淀粉酶。

1.4 统计分析

使用Excel 2007进行饲料营养基础数据处理，并使用SPSS 20.0的一般线性模型（GLM）和独立样本 *t* 检验分别对体温、血常规、生长性能和血清生化指标以及同一饲粮不同牛种、同一牛种不同饲粮条件下的体温、血常规、生长性能和血清生化指标进行主效应和显著性分析。$P<0.05$ 表示差异显著，结果表示为平均值和均方根误差（SEM）。

表 1　试验饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets　（DM basis）　　%

项目 Items	LNPN	HNPN
原料 Ingredients		
燕麦干草 Oat Hay	10.0	10.0
青贮甜高粱 Sorghum Silage	50.0	50.0
玉米粉 Ground Corn	28.0	29.0
麸皮 Wheat Bran		6.5
胡麻渣 Flax Meal	10.0	1.5
预混料 Premix1)	1.0	1.0
缓释尿素 Slow-release urea	1.0	2.0
合计 Total	100.0	100.0
营养水平 Nutrient levels2)		
粗蛋白质 CP	12.83	12.79
中性洗涤纤维 NDF	55.22	55.95
酸性洗涤纤维 ADF	27.45	27.00
粗灰分 Ash	5.17	5.00
代谢能 ME/(MJ/kg)2)	1.99	1.90

1)预混料为每千克饲粮提供 Premix provides the following per kilogram of diets:Fe 920 mg，Zn 800 mg，Cu 266 mg，Se 8 mg，I 120 mg，Co 1 mg，VA 110 000 IU，VD_3 40 000 IU，VE 40 mg，Ca 15 mg，NaCl 8.5 g，P 4.5 g。

2)代谢能为依据 NRC(2001)得出的计算值，其余为实测值。ME is a calculated value according to NRC (2001), and the others are measured values.

2 结果与分析

2.1 肉牛与牦牛的生长性能

由表 2 可知，饲粮效应和牛种效应对平均日增重有显著影响（P<0.05），牛种效应对干物质采食量有显著影响（P<0.05），饲粮效应和牛种效应均对料重比有显著影响（P<0.05）。在 LNPN 条件下，肉牛的平均日增重和干物质采食量均显著高于牦牛（P<0.05），料重比显著低于牦牛（P<0.05）。在 HNPN 条件下，肉牛的干物质采食量显著高于牦牛（P<0.05）。肉牛在 LNPN 条件下的平均日增重显著高于 HNPN 条件下（P<0.05），料重比显著低于 HNPN 条件下（P<0.05）；牦牛在 LNPN 条件下的平均日增重显著高于 HNPN 条件下（P<0.05）。饲粮与牛种的交互效应对平均日增重、干物质采食量和料重比均没有显著影响（P>0.05）。

表 2 肉牛与牦牛的生长性能

Table 2 Growth performance of beef cattle and yak

项目 Items	饲粮 Diet	牛种 Cattle breed		SEM	P 值 P-value		
		肉牛 Beef cattle	牦牛 Yak		饲粮 Diet	牛种 Cattle breed	饲粮×牛种 Diet×cattle breed
平均日增重 ADG/（g/d）	LNPN	776.04^{aA}	631.94^{bA}	42.50	0.028	0.013	0.600
	HNPN	588.54^{B}	536.46^{B}				
干物质采食量 DMI/（kg/d）	LNPN	6.53^{a}	6.09^{b}	0.12	0.063	0.045	0.757
	HNPN	6.04^{a}	5.45^{b}				

料重比 F/G	LNPN	8.41^{bB}	9.64^{a}	0.80	0.045	0.040	0.424
	HNPN	10.25^{A}	10.17				

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），同列同一项目数据肩标不同大写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下表同。

Values in the same row with different small letter superscripts are significant difference（*P*<0.05）, and values in the same column and the same item with different capital letter superscripts are significant difference （*P*<0.05）.The same as below.

2.2 肉牛与牦牛的体温

由表 3 可知，饲粮效应和牛种效应均对体温具有显著影响（*P*<0.05），而饲粮与牛种的交互效应对体温的影响不显著（*P*>0.05）。无论是在 LNPN 条件下还是在 HNPN 条件下，牦牛的体温均显著高于肉牛（*P*<0.05）。牦牛与肉牛在 HNPN 条件下的体温均显著高于 LNPN 条件下（*P*<0.05）。

表 3 肉牛与牦牛的体温

Table 3 Body temperature of beef cattle and yak ℃

项目 Item	饲粮 Diet	牛种 Cattle breed		SEM	*P* 值 *P*-value		
		肉牛 Beef cattle	牦牛 Yak		饲粮 Diet	牛种 Cattle breed	饲粮×牛种 Diet×cattle breed
体温 Body temperature	LNPN	37.65^{bB}	38.36^{aB}	0.066	0.032	<0.001	0.932
	HNPN	37.95^{bA}	38.64^{aA}				

2.3 肉牛与牦牛的血常规指标

由表 4 可知，饲粮效应以及饲粮与牛种的交互效应对血常规各项指标的影响均不显著

（P>0.05）。牛种效应对血常规中的 LYMPH#、Mid%、HGB、RBC、HCT 和 PCT 的影响不显著（P>0.05），但对 WBC、Mid#、Gran#、LYMPH%、Gran%、MCV、MCH、MCHC、RDW-CV、RDW-SD、PLT、PDW 和 MPV 有显著影响（P<0.05）。在 LNPN 条件下，肉牛的 MCHC、PLT 显著高于牦牛（P<0.05），而 WBC、Mid#、Gran#、MCV、MCH、MPV、RDW-SD、PDW 则显著低于牦牛（P<0.05）；在 HNPN 条件下，肉牛的 Gran#、Gran%、MCV、MCH、RDW-CV、MPV、RDW-CV、RDW-SD、PDW 显著低于牦牛（P<0.05），而 LYMPH%、MCHC、PLT 则显著高于牦牛（P<0.05）。

表 4　肉牛和牦牛的血常规指标

Table 4　Blood routine indices of beef cattle and yak

项目 Items	饲粮 Diet	牛种 Cattle breed		SEM	*P* 值 *P*-value		
		肉牛 Beef cattle	牦牛 Yak		饲粮 Diet	牛种 Cattle breed	饲粮×牛种 Diet×cattle breed
白细胞数目 WBC/（$\times 10^{9}$ L^{-1}）	LNPN	9.34^{b}	13.90^{a}	0.43	0.509	0.002	0.062
	HNPN	11.58	12.82				
淋巴细胞数目 LYMPH#/（$\times 10^{9}$ L^{-1}）	LNPN	4.43	4.30	0.33	0.748	0.242	0.329
	HNPN	5.28	3.87				
中间细胞数目 Mid#/（$\times 10^{9}$ L^{-1}）	LNPN	1.24^{b}	2.20^{a}	0.11	0.973	0.008	0.171
	HNPN	1.57	1.89				
中性粒细胞数目 Gran#/（$\times 10^{9}$ L^{-1}）	LNPN	3.82^{b}	6.20^{a}	0.32	0.144	0.001	0.922
	HNPN	4.73^{b}	7.23^{a}				
淋巴细胞百分比 LYMPH%/%	LNPN	46.61	33.43	2.28	0.650	0.003	0.754
	HNPN	45.96^{a}	29.91^{b}				
中间细胞百分比	LNPN	13.05	17.38	0.81	0.496	0.143	0.250

Mid%/%	HNPN	13.83	14.37				
中性粒细胞百分比	LNPN	40.34	49.18	2.14	0.460	0.008	0.442
Gran%/%	HNPN	40.21^{b}	55.72^{a}				
血红蛋白浓度	LNPN	103.27	107.67	2.12	0.745	0.948	0.337
HGB/（g/L）	HNPN	106.00	102.17				
红细胞数目	LNPN	6.85	6.59	0.15	0.543	0.064	0.304
RBC（$\times 10^{9}$ L^{-1}）	HNPN	6.98	6.09				
红细胞压积	LNPN	30.19	33.61	0.71	0.532	0.052	0.752
HCT/%	HNPN	29.75	32.27				
平均红细胞体积	LNPN	44.12^{b}	51.19^{a}	0.50	0.720	<0.001	0.082
MCV/fL	HNPN	42.69^{b}	53.34^{a}				
平均红细胞血红蛋白含量	LNPN	15.06^{b}	16.31^{a}	0.11	0.189	<0.001	0.379
MCH/pg	HNPN	15.15^{b}	16.78^{a}				
平均红细胞血红蛋白浓度	LNPN	343.91^{a}	319.83^{b}	3.03	0.351	<0.001	0.133
MCHC/（g/L）	HNPN	358.92^{a}	316.25^{b}				
红细胞分布宽度变异系数	LNPN	16.57	17.69	0.24	0.352	<0.001	0.079
RDW-CV/%	HNPN	15.27^{b}	18.10^{a}				
红细胞分布宽度标准差	LNPN	25.73^{b}	31.90^{a}	0.58	0.891	0.013	0.062
RDW-SD/fL	HNPN	23.36^{b}	33.95^{a}				
血小板数目	LNPN	334.00^{a}	214.58^{b}	21.49	0.478	0.042	0.502
PLT/（$\times 10^{9}$ L^{-1}）	HNPN	335.67^{a}	274.50^{b}				
平均血小板压积	LNPN	6.28^{b}	6.75^{a}	0.08	0.564	<0.001	0.174
MPV/fL	HNPN	5.98^{b}	6.88^{a}				
血小板分布宽度	LNPN	14.93^{b}	27.20^{a}	3.04	0.585	0.017	0.308
PDW/%	HNPN	14.75^{b}	15.77^{a}				
血小板压积	LNPN	0.21	0.14	0.01	0.345	0.281	0.360
PCT/%	HNPN	0.19	0.18				

2.3　肉牛与牦牛的血清生化指标

由表 5 可知，饲粮效应仅对血清 ALB 水平有显著影响（P<0.05），饲粮与牛种的交互效应对仅对血清生化指标中的 INS 水平有显著影响（P<0.05），牛种效应对血清 TP、ALB、UN、CREA、GLU、IgA、IgM、IgG 水平均有显著影响（P<0.05）。在 LNPN 条件下，肉牛的血清 TP、ALB、UN 水平显著低于牦牛（P<0.05），血清 GLU 水平显著高于牦牛（P<0.05）；在 HNPN 条件下，肉牛的血清 TP、UN 水平显著低于牦牛（P<0.05）。此外，牦牛在各饲粮条件下的血清 GREA、IgA、IgG、IgM 水平均显著高于肉牛（P<0.05）。牦牛在 HNPN 条件下的血清 ALB 水平显著低于 LNPN 条件下（P<0.05）。

表 5　肉牛与牦牛的血清生化指标

Table 5　Serum biochemical indices of beef cattle and yak

项目 Items	饲粮 Diet	牛种 Cattle breed		SEM	*P* 值 *P*-value		
		肉牛 Beef cattle	牦牛 Yak		饲粮 Diet	牛种 Cattle breed	饲粮×牛种 Diet×cattle breed
总蛋白 TP（/g/L）	LNPN	59.99^{b}	65.22^{a}	0.67	0.411	0.002	0.586
	HNPN	59.61^{b}	63.38^{a}				
白蛋白 ALB/（g/L）	LNPN	29.09^{b}	33.02^{aA}	0.39	0.047	<0.001	0.313
	HNPN	28.46	30.80^{B}				
球蛋白 GLB/（g/L）	LNPN	30.90	32.20	0.60	0.791	0.264	0.958
	HNPN	31.16	32.58				
尿素氮 UN/（mmol/L）	LNPN	3.69^{b}	4.84^{a}	0.11	0.538	<0.001	0.660
	HNPN	3.93^{b}	4.88^{a}				
肌酐 CREA/（μmol/L）	LNPN	81.17^{b}	88.90^{a}	1.34	0.279	0.007	0.963
	HNPN	78.37^{b}	85.85^{a}				

葡萄糖 GLU/（mmol/L）	LNPN	5.06[a]	4.52[b]	0.08	0.750	0.007	0.452
	HNPN	4.90	4.58				
生长激素 GH/（ng/mL）	LNPN	5.70	5.60	0.19	0.790	0.310	0.453
	HNPN	6.08	5.42				
游离脂肪酸 FFA/（mmol/L）	LNPN	0.40	0.38	0.01	0.750	0.947	0.510
	HNPN	0.39	0.41				
胰岛素 INS/（μIU/mL）	LNPN	19.78	17.55	0.58	0.888	0.724	0.028
	HNPN	16.98	20.03				
免疫球蛋白 A IgA/(g/L）	LNPN	0.66[b]	0.79[a]	0.03	0.517	0.003	0.195
	HNPN	0.68[b]	0.73[a]				
免疫球蛋白 M IgM/（g/L）	LNPN	2.42[b]	2.82[a]	0.12	0.218	0.034	0.238
	HNPN	2.41[b]	2.53[a]				
免疫球蛋白 G IgG/(g/L）	LNPN	9.64[b]	10.61[a]	0.47	0.333	0.019	0.633
	HNPN	10.32[b]	10.85[a]				

3 讨 论

3.1 肉牛与牦牛的生长性能差异

为防止反刍动物氨中毒，饲粮中 NPN 的饲喂量可以为饲粮干物质的 1.0%~1.5%[6]，而尿素在成年牛饲粮中的比例一般不能超过 2%[7]，杨佳栋等[8]曾报道，饲粮中添加适当比例的缓释尿素可以提高采食量，但当尿素比例达到一定量时，采食量会降低，其原因是尿素适口性差，比例过高会影响采食量[9]。本试验结果中，2 种缓释尿素添加量并没有显著影响牦牛与肉牛的干物质采食量，但在 HNPN 条件下牦牛和肉牛的平均日增重较 LNPN 条件下显著降低，说明 2%的缓释尿素添加量降低了牦牛和肉牛对饲料养分的利用效率。从生长性能的数据看，肉牛要优于牦牛，这主要是因为肉牛长期适应低海拔的环境条件，且试验所用肉牛是经过选育的育肥效果较好的品种。

3.2 肉牛与牦牛的体温差异

体温是衡量家畜健康状况的重要指标，牦牛和肉牛均属恒温动物，其正常的生理功能依赖于相对恒定的体温。一般肉牛的正常体温为 37~39 ℃[10]，本试验中肉牛的体温在此范围内。河生德等[11]对青海湖地区牦牛的研究测得牦牛的体温为 38.8 ℃，邱刚等[12]对西藏林芝牦牛的研究测得该地区牦牛的体温为 38.18 ℃，本试验中 2 组牦牛的体温均在此范围内。本试验中牦牛的体温显著高于肉牛，是因为牦牛的体表、被毛、皮肤、汗腺、呼吸、气体代谢等对高寒环境形成了特殊的适应特点，在低温环境中散热减少[13]，所以较肉牛体温高。本试验结果还发现，在 HNPN 条件下牦牛与肉牛的体温显著高于在 LNPN 条件，其原因可能是由于饲粮中较高比例的 NPN 导致瘤胃内氨态氮（NH_3-N）浓度升高，影响牛的氮代谢和能量代谢，进而影响其血液循环，其影响机理有待进一步深入研究。

3.3　肉牛与牦牛的血常规指标差异

白细胞是一类免疫细胞的总称，包括单核细胞、中性粒细胞、嗜酸性粒细胞和淋巴细胞，它们直接反映了动物的免疫能力[14]，是血液中重要的有形成分，对于维持正常的血液循环有重要意义，与机体的抗寒和免疫应激密不可分。尹旭辉等[15]研究低体温对大鼠血液有形成分的影响时发现冷暴露会使动物机体血液浓缩，WBC 增加。本试验中牦牛的 WBC、Gran#、Mid#要高于肉牛，表明牦牛较肉牛具有较高的免疫水平，能够抵抗较恶劣的环境并适应低质饲草，产生这种差异的原因是牦牛长期在青藏高原的高寒环境中形成了对高原恶劣生存环境的适应性特征。

RBC、HGB 和 HCT 能够反映动物机体血液运输氧气（O_2）和二氧化碳（CO_2）的能力[16]。江家椿等[17]在对西藏甲哑牛、藏黄牛、牦牛若干生理指标进行测定时发现，高原上生活的动物不仅 RBC 多，而且 MCV 小，因而可以在肺内增加与氧的接触，以利于增强对高原低氧的适应。姜生成等[18]在对西藏工布江达县牦牛、黄牛、甲哑牛 RBC 及红细胞直径的研究中发现，同海拔饲养环境下牦牛和黄牛 RBC 差异不显著。本试验结果同样表明同海拔饲养环境下的牦牛与肉牛 RBC 和 HGB 不受饲粮效应、牛种效应及其交互效应的显著影响，

表明在同一低海拔饲养环境下体重相近的牦牛与肉牛具有相同的 O_2 运输能力。

MCH、MCHC、RDW 和 MCV 分别反映了红细胞的色素含量、色素饱满度、变异程度和体积大小。MCH、MCHC 和 MCV 合称贫血 3 项，较低的 MCH、MCHC 和 MCV 以及较高的 RDW，通常作为缺铁性贫血的鉴定依据[19]。本试验结果中肉牛较牦牛具有较低的 MCH、MCV、MCHC 和 RDW，是牦牛长期在青藏高原的高寒低氧环境中生活形成的一种适应[15]，而不能作为鉴定肉牛贫血的依据。本试验中牦牛具有较低的 RBC 和较高的 MCV 与江家椿等[17]的研究结果不一致，这主要是由于牦牛适应育肥地低海拔高氧压的表现。牦牛 RDW-SD 和 RDW-CV 均高于肉牛，是因为低海拔高氧压使牦牛 MCV 增大，较大的红细胞通过血管时致使血管壁对红细胞造成挤压和破坏[20]，造成牦牛具有较高的 RDW。

血小板是哺乳动物血液中重要的有形成分之一，其数目和功能与血液凝血系统功能密切相关，对于维持正常的血液循环具有重要意义，与机体的抗寒能力密不可分。尹旭辉等[15]对大鼠的研究中发现，冷暴露使机体 PLT 及血小板凝聚率增加。本试验中肉牛比牦牛具有较高的 PLT，是由于肉牛相对于牦牛对于冬季低温具有较大的应激导致。

3.4 肉牛与牦牛的血清生化指标差异

TP 是血清固体成分中含量最多的一类物质，可分为 ALB 和 GLB 两类，ALB 在维持血液胶体渗透压、体内代谢物质运输、营养等方面均起着很重要的作用，GLB 与机体的免疫功能有着密切的关系，血清 TP 水平主要反映肝脏合成功能和肾脏病变造成蛋白质丢失的情况，对血清 TP 水平进行检测可间接了解机体的营养状况，协助诊断某些疾病。血清 UN 水平的高低反映血液中氨基酸合成蛋白质效率的高低[21]，当 UN 水平升高时，往往意味着机体蛋白质分解作用的增强或肝脏的尿素再循环程度增加，也有研究表明，血清 UN 水平的提高伴随着动物机体氮沉积的降低[22]。本试验中肉牛与牦牛在 LNPN 条件下的血清 TP、ALB、GLB、UN 水平与 HNPN 条件下差异不显著，但是在 LNPN 条件下的血清 TP 和 ALB 水平高于 HNPN 条件下，而 GLB、UN 水平则低于 HNPN 条件下，这是因为 HNPN 条件下饲粮

适口性差，试验牛采食量降低，能量摄入不足，同时由于饲粮中 NPN 占总氮的比例较高，且瘤胃微生物只能利用 1/4 的氨合成菌体蛋白，所以在瘤胃中释放的 NH_3-N 被微生物利用的效率降低[23]，大部分被瘤胃壁和后段胃肠道吸收进入血液，在肝脏中合成为 UN，导致血清 UN 水平升高，而动物机体通过体液稳态平衡系统将过多的 UN 通过尿液排出体外，因而导致机体氮不足，合成蛋白质受阻，所以 HNPN 条件下试验牛具有相对较低的 TP 和 ALB 水平。本试验结果还发现牛种效应显著影响血清 TP、ALB 和 UN 水平，无论在何种饲粮条件下牦牛总比肉牛具有较高的血清 TP、ALB、UN 水平，这是因为牦牛世代生活在枯草期长达 7 个月的青藏高原，已经形成了在高原高寒环境下对氮的高效利用机制[24-25]，肝脏对氮的再循环程度增强。

CREA 是体内肌肉组织代谢的产物，主要靠肾小球滤过作用排出体外，临床上常被作为肾功能检查的方法之一。对牦牛和肉牛血清 CREA 水平的分析发现，牛种效应显著影响血清 CREA 水平，且牦牛的血清 CREA 水平高于肉牛。这种差异说明牦牛肾小球对 CREA 具有较低的滤过作用，而不能作为牦牛肾小球病变的依据。GLU 和 FFA 都是反刍动物体内参与能量代谢的物质，当血液中 GLU 水平较高时会刺激血液 INS 水平升高，INS 促进 GLU 合成糖原，而当血液 GLU 水平较低时，血液中 INS 分泌减少，同时体内脂肪在脂肪酶的作用下分解为 FFA。GH 是由下丘脑调控垂体分泌的一种蛋白质激素，它不仅可以促进骨骼和肌肉的分化增殖生长，同时在营养物质代谢中扮演着重要角色，Richard 等[26]研究表明 GH 具有促进脂肪分解的作用。本试验结果显示，牛种效应显著影响血清 GLU 水平，LNPN 饲粮条件下，牦牛较肉牛具有较低的血清 GLU 水平，且各效应对 INS、FFA 和 GH 水平的影响均不显著，表明血清 INS、FFA 和 GH 水平对牦牛与肉牛能量代谢具有重要作用，不易受到各种因素的影响。IgA、IgG 和 IgM 是一类重要的免疫效应分子，属于血清球蛋白中由高等动物免疫系统淋巴细胞产生的蛋白质，经抗原的诱导可以转化为抗体，在机体的免疫防御中起到重要作用，本试验中无论在何种饲粮条件下牦牛的这 3 种重要免疫球蛋白的水平始终

高于肉牛，表明牦牛比肉牛具有较高的免疫水平，此结果与血常规检测结果一致。

4 结 论

通过分析牦牛和肉牛血液生理生化指标数据表明 LNPN 和 HNPN 均不会对牦牛与肉牛的健康造成显著影响，且 2 种饲粮条件下牦牛均比肉牛表现出较高的免疫水平。虽然牦牛比肉牛对 UN 具有较高的再循环利用能力，但由于牦牛采食量低于肉牛，所以肉牛的生长性能要优于牦牛。在饲粮中添加 1%的缓释尿素，牦牛和肉牛均获得较小的料重比和较高的平均日增重，所以在肉牛与异地育肥牦牛饲粮中可以添加 1%的缓释尿素以代替部分蛋白质饲料。

参考文献：

[1] 边守义,李建科,王英东,等.高寒牧区放牧牦牛到低海拔异地育肥试验[J].草与畜杂志,1995(4):1–3.
[2] 崔晓琴,庞鹤鸣,周国栋,等.临夏地区藏羊异地育肥饲粮配方试验研究[J].畜牧兽医杂志,2014,33(6):1–3,7.
[3] 唐永昌.农牧交错区牛羊异地育肥模式调查[J].中国牛业科学,2014,40(3):51–53.
[4] AOAC.Official methods of analysis[S].15th ed.Arlington,VA:Association of Official Analytical Chemists,1990.
[5] VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A.Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber,and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J].Journal of Dairy Science,1991,74(10):3583–3597.
[6] 鞠振华.尿素等非蛋白氮在肉牛饲料中的应用[J].中国畜牧兽医文摘,2014(9):200.
[7] 王宁娟.人工瘤胃法研究矿物质元素及非蛋白氮对瘤胃发酵的影响[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2003.
[8] 杨佳栋,李建国,李英,等.复合蛋白对肉牛生产性能和血液指标的影响[J].河北农业大学学报,2006,29(3):75–78.

[9] GLEGHORN J F,ELAM N A,GALYEAN M L,et al.Effects of crude protein concentration and degradability on performance,carcass characteristics,and serum BUN nitrogen concentrations in finishing beef steers[J].Journal of Animal Science,2004,82(9):2705–2717.

[10] 张木春,李建荣,段银河,等.肉牛体温检查在临床诊断中的作用[J].中国畜牧兽医文摘,2014(1):123–124.

[11] 河生德,拉毛鹏措,才项加,等.使用红外测温仪对环湖藏系绵羊和牦牛正常皮肤温度值的测定[J].黑龙江畜牧兽医,2010(4):77.

[12] 邱刚,李家奎,芮亚培.林芝成年牦牛若干生理指标的测定[J].江苏农业科学,2012,40(11):219–220.

[13] 崔燕.不同年龄牦牛若干生理指标测定[J].中国兽医科技,1998(4):7–9.

[14] 刘霄,黄江.金色中仓鼠冬眠期与非冬眠期血液生化指标的对比研究[J].北京医学,2016,38(8):841–843.

[15] 尹旭辉,蒋品,杨成君,等.低体温对大鼠血液有形成分的影响[J].职业与健康,2008,24(15):1518–1519.

[16] 伊平昌,顾冬花.大通县高原型牦牛 12 项血液指标的测定[J].四川畜牧兽医,2014,41(2):29–30.

[17] 江家椿,姜生成,边巴次仁,等.西藏高原工布江达牦牛、藏黄牛、甲咂牛八项生理常值的对比分析[J].中国牦牛,1991(1):32–37.

[18] 姜生成,江家椿,赵晓玲,等.西藏工布江达县牦牛、黄牛、甲咂牛红细胞数及其直径研究[J].甘肃农业大学学报,1992(1):21–25.

[19] 赵丽莉,李耀忠,杨丽琴.缓释尿素对滩母羊血清中尿素浓度的影响[J].农业科学研究,2007,28(3):24–25,67.

[20] 康云平,孙宝云.平均红细胞血红蛋白浓度对溶血性贫血的诊断价值[J].疾病监

测,2008,23(6):368–369.

[21] 方振华.两种不同类型的能量饲料对泌乳奶牛产奶性能及血液生化指标的影响[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2008.

[22] 王萌,王加启,张俊瑜,等.甜菜粕替代玉米对奶牛生产性能及血液代谢的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(1):18–22.

[23] DING L M,LASCANO G J,HEINRICHS A J.Effect of precision feeding high-and low-quality forage with different rumen protein degradability levels on nutrient utilization by dairy heifers[J].Journal of Animal Science,2015,93(6):3066–3075.

[24] QIU Q,ZHANG G J,MA T,et al.The yak genome and adaptation to life at high altitude[J].Nature Genetics,2012,44(8):946–949.

[25] WANG H C,LONG R J,LIANG J B,et al.Comparison of nitrogen metabolism in yak (*Bos grunniens*) and indigenous cattle (*Bos taurus*) on the *Qinghai*-Tibetan plateau[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2011,24(6):766–773.

[26] RICHARD A J,STEPHENS J M.Emerging roles of JAK-STAT signaling pathways in adipocytes.[J].Trends in Endocrinology & Metabolism,2011,22(8):325–332.

Differences of Blood Physiological and Biochemical Indices and Growth Performance of Local Crossbred Beef Cattle （*Qinchuan*×Simmental） and Yak Allopatry Fattening at Low Altitude under Different Nonprotein Nitrogen Level Diets

ZHANG Jiaojiao[1] YAN Qi[1] LIU Peiepi[1] LI Shanshan[2] WANG Weiwei BAI Yanfu DING Luming[1*]

（1. *State Key Laboratory of Grassland Ecology*, *School of Life Sciences*, *Lanzhou University*, *Lanzhou* 730000, *China*; 2. *State Key Laboratory of Grassland Ecology*, *College of Pastoral*

Agriculture Science and Technology, *Lanzhou University*, *Lanzhou* 730000, *China*）

Abstract: The current experiment was to explore the differences of blood physiological and biochemical indices and growth performance of local crossbred beef cattle (*Qinchuan*×Simmental) and Yak allopatry fattening at low altitude under the same condition. Eight 1-year-old local crossbred beef cattle (*Qinchuan*×Simmental) and eight 4-year-old *Qinghai* yak with the similar body weight were divided into 2 groups, respectively, and 4 cows for each group. In the 2 groups of the same breed, cows were fed with low nonprotein nitrogen diet (LNPN, the slow-release urea addition in the diet was 1.0% dry matter) and high nonprotein nitrogen diet (HNPN, the slow-release urea addition in the diet was 1.5% dry matter). The experiment consisted of a 10-d adaption period and a 50-d collection period. The results showed that both yak and beef cattle showed the highest average daily feed intake and the minimum feed to gain ratio under LNPN. Dietary nonprotein nitrogen level had no significant influences on the blood routine indices both for beef cattle. The blood neutrophils number （Gran#）, mean corpuscular volume （MCV）, mean corpuscular hemoglobin （MCH）, red blood cell distribution width-standard deviation （RDW-SD）, mean platelet volume （MPV）and platelet distribution width （PDW） of yak were significantly higher than those of beef cattle under each diets, while the mean corpuscular hemoglobin concentration （MCHC） and platelet number （PLT） of yak were significantly lower than those of beef cattle under each diets. Dietary nonprotein nitrogen level did not significantly affect the serum biochemical indices of beef cattle and yaks. The serum total protein (TP), urea nitrogen （UN）, creatinine （GREA）, immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin G (IgG), immunoglobulin M (IgM) levels of yak were significantly higher than those of beef

*Corresponding author, associate professor, E-mail: dinglm@lzu.edu.cn (责任编辑　菅景颖)

cattle under each diets. The serum albumin （ALB） level of yak under HNPN were significantly lower than that under LNPN. The results indicate that it is feasible to add 1.0% of slow-release urea in the diet of beef cattle and yak, and allopatry fattening at low altitude has no adversely affect the health of yaks.

Key words: nonprotein nitrogen; beef cattle; yak; blood physiological and biochemical indices; allopatry fattening; growth performance